



G. Thierry de

Gutachten des Bauinspectors de Thierry in Bremen betreffend Vorfluth-Verhältnisse der oberen Warnow : mit einer Anlage enthaltend theoretische Berechnungen

Rostock: Adler, 1899

<http://purl.uni-rostock.de/rosdok/ppn769936490>

Druck Freier  Zugang  OCR-Volltext



5 Tabellen.

MK- 875.^{1-5.}



UB Rostock

28\$ 010 135 839



Gutachten

des

Bauinspectors de Chierry
in Bremen

betreffend

Vorfluth-Verhältnisse der oberen Warnow

mit einer Anlage

enthaltend

Theoretische Berechnungen.

Rostock.

Raths- und Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.

1899.

Entachten

des

Bauinspectors de Chierry

in Bremen

betreffend

Vorfluth-Verhältnisse der oberen Warnow

mit einer Anlage

enthaltend

Theoretische Berechnungen.

Rostock.

Raths- und Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.

1899.



Bereits um die Mitte des 13. Jahrhunderts ist der Warnowfluß bei Rostock durch einen Damm, der einen Aufstau des Wassers von etwa 4' Hamb. oder 1,46 m veranlaßte, durchschüttet. Das concentrirte Gefälle wurde und wird noch zum Mühlenbetriebe ausgenutzt.

An das Vorhandensein des Staues knüpfen sich vielfache Klagen der oberen Flußadjacenten über Ueberschwemmungen in den nassen Jahren und bei Hochwässern, die in den Acten im Jahre 1708 zum Ausdruck gelangen. Diese Klagen wurden auch nicht beseitigt durch die am 3. October 1772 anläßlich einer Beschwerde des Amtes Rühn erfolgte Neuerrichtung des bereits im Jahre 1754 in den Acten erwähnten Stauziels.

Das Ziel wurde lediglich nach den anerkannten Bedürfnissen der am weitesten stromab liegenden Mühle bestimmt und es wurde ausdrücklich festgestellt, daß der nunmehr errichtete Stau unschädlich für die weiter stromausliegenden Interessenten sei. Noch 1799 wird der Ziellanordnung von Bülow das Zeugniß gegeben, daß es eine herrliche Einrichtung sei und tadellos functionirt habe.

Gegenüber den bereits im Jahre 1797 wiederkehrenden Klagen, welche den Grund der Mißstände darin suchen, daß das Ziel nicht innegehalten oder in die Höhe gerückt sei, ist seitens der Stadt Rostock unter Bestreitung der Höherlegung des Ziels geltend gemacht, daß die geklagten und offen zu Tage tretenden Uebelstände ihren Grund fänden in der fortdauernd wachsenden Flußverwilderung, und daß sie nur durch die Beseitigung dieser Verwilderung und Verhütung ihrer Wiederkehr selbst beseitigt werden können. Die Richtigkeit der von der Stadt vertretenen Ansicht wird in zutreffender Weise bestätigt durch das nachstehende stadtseitig erforderte Erachten des bremischen Wasserbau-Inspector de Chierry.



Gutachten

des

Bauinspectors de Thierry in Bremen

betreffend

Vorfluth-Verhältnisse der oberen Warnow

mit einer Anlage

enthaltend

Theoretische Berechnungen.

Die Fragen, welche das nachstehende Gutachten beantworten soll, lauten:

1. ob der Grund der mangelhaften Vorfluth der Oberwarnow zwischen Büzow und Rostock ganz oder zum Theil zu suchen ist in der Verwilderung des Flußlaufes auf der bezeichneten Strecke,
2. ob die Innehaltung eines bestimmten Staues von etwa 1 m über ordinär Null der Unterwarnow bei regelrecht ausgebauten Quersprofilen und sachgemäßer Regulirung des Flußlaufes im Stande ist, die Gefällverhältnisse 20 bezw. 40 Kilometer oberhalb des Staues noch wesentlich zu beeinflussen, und
3. ob den bei Büzow 40 Kilometer stromaufwärts von Rostock in der Oberwarnow eintretenden Hochfluthwellen der „Nebel“ und der dort wieder aufgestauten „Warnow“ außer durch eine gründliche Regulirung der Flußstrecke Büzow-Rostock dadurch ein besserer Abfluß verschafft werden kann, wenn zeitweilig der Stau zu Rostock gesenkt wird unter das erbvertragsmäßige Peil von 0,934 o. N.

Aus den mir übersandten Akten habe ich ersehen, daß die Fragen, über welche ich mich zu äußern habe, wiederholt Gegenstand ausführlicher Berichte des Herrn Hafenbaudirectors Kerner gewesen sind, und daß der von E. C. Rath bisher eingenommene Standpunkt, daß er sich außer Stande sehe, die Hochwasserschäden in Büzow durch zeitweilige Senkung des Stauspiegels in Rostock zu verhüten, von

der Regierung nicht anerkannt wird. Die Vermuthung liegt nahe, namentlich bei Caien, daß, wenn der Stau in Rostock zeitweilig gesenkt würde, Hochwasser-Calamitäten, welche die Veranlassung der fast alljährlich wiederkehrenden Beschwerden bilden, entweder gänzlich verhütet, oder nach deren Eintritt in kurzer Zeit gehoben werden könnten. Ein unwiderlegbares Urtheil über solche Muthmaßungen läßt sich jedoch nur durch mathematisch begründete Untersuchungen gewinnen. Ich habe daher geglaubt, dem Wunsche des Rathes am besten nachzukommen, indem ich mein Gutachten auf das Ergebniß theoretischer Untersuchungen aufbaue, deren Resultate ich durch mehrfache Controllrechnungen geprüft habe.

Während ich diejenigen Berechnungen, welche in unmittelbarem Zusammenhang mit den mir vorgelegten Fragen stehen, und nur einen Theil der von mir vorgenommenen theoretischen Untersuchungen bilden, als besondere Anlage beifüge, werde ich bei Beantwortung der mir gestellten Fragen nur auf die Resultate dieser Berechnungen Bezug nehmen.

1. Die Grundlagen der theoretischen Untersuchungen.

Die wichtigste Frage, welche zu beantworten war, bevor ich an die theoretischen Untersuchungen herantrat, lautet: mit welchen Wassermengen hat man es zu thun?

Wie in dem gefälligen Schreiben E. E. Rath's d. 10. August 1898 mir mitgetheilt wird, sind Peilungen, Wasserstandsbeobachtungen oder Geschwindigkeitsmessungen, welche mir als Grundlage für die Berechnung der Wassermenge hätten dienen können, niemals gemacht worden. Die Kenntniß der Wassermengen, welche die Warnow bei höchstem Wasser führt, ist jedoch unbedingt erforderlich, um zu beurtheilen, ob die Mängel, welche der jetzige Zustand des ganzen Flußlaufes bietet, durch eine durchgreifende Korrektion der Oberwarnow gänzlich oder zum Theil beseitigt werden können, und in Konkurrenz damit, ob durch Senkung des Staupeils in Rostock der Abfluß der größten Wassermengen nicht so erleichtert werden kann, daß vielleicht auf eine Korrektion verzichtet werden könnte, es handelte sich daher darum, die Wassermengen zu bestimmen, welche im maximo zum Abfluß gelangen. Da, wie erwähnt, directe Messungen, welche die zuverlässigsten Ermittlungen gestatten, nicht vorliegen, war ich darauf angewiesen, die Bestimmung der Wassermengen auf indirectem Wege vorzunehmen.

a. Die höchsten Wasserstände in Bützow und in Schwaan.
Wasserstand in Rostock.

Diese Bestimmung ist nun auf Grund der bisher beobachteten höchsten Wasserstände in Bützow, sowie in Schwaan, unter Berücksichtigung eines mittleren Durchflußprofils für die Strecke Bützow-Schwaan und für die Strecke Schwaan-Rostock erfolgt.

Aus den mir von Herrn Hafenbaudirector Kerner übersandten Berichten des Herrn H. Saniter d. d. Rostock, 28. Januar 1865, und E. Krüger d. d. Schwaan, 18. Januar 1865, ist zu entnehmen,

1) daß nach einer im August 1864 vorgenommenen Aufnahme des Wasserspiegels der Warnow und Nebel der Wasserspiegel der Warnow im Beharrungszustande, wie es auf S. 12 des Krüger'schen Berichts heißt, „bis Bützow als horizontal oder annähernd als horizontal anzusehen ist“, während, selbst bei niedrigem Sommerwasserstand, das Gefälle der „Nebel“ auf 1 : 11500 als ein verhältnißmäßig starkes anzusehen ist.

Aus diesen Beobachtungen geht also hervor, daß bei niedrigem Sommerwasserstand die Höhe des Wasserspiegels der Oberwarnow und zwar bis Bützow in erster Linie von der Höhe des Stauziels in Rostock abhängig ist.

Diese Thatsache ist aber ohne Belang, weil, wenn sowohl Oberwarnow als Nebel geringe Wassermengen führen, eine Ueberschwemmung von Pändereien nicht eintreten kann.

Von Wichtigkeit zu erfahren ist dagegen, welche Wasserstände sind als höchste bisher beobachtet worden?

Ueber den höchsten Wasserstand in Bützow macht Krüger auf S. 17 seines Berichts vom 18. Januar 1865 folgende Angabe: „der „höchste beobachtete Wasserstand soll nach eingezogenen Erkundigungen „bei den Bützow'er Mühlen bis zwei Fuß über den jetzigen gelegen „haben, und zwar bei eisfreier Warnow, und wird diese Angabe „eine ziemlich sichere sein.“ Die absolute Höhe dieses Wasserstandes ist nicht angegeben, nimmt man aber an, daß sich diese Differenz von 2 Fuß = 0,63 m auf mittleren Sommerwasserstand bezieht, und daß dieser einer Höhe des Stauziels in Rostock = 0,90 N. N. entsprochen habe, so ergibt sich, da nach dem Vorhergegangenen bei mittlerem Sommerwasserstand der Spiegel der Oberwarnow von Bützow bis Rostock horizontal ist, für die Höhe des höchsten Wasserstandes eine Ordinate von $0,90 + 0,63 = 1,53$ N. N. In seiner Eingabe vom 20. Juli 1888 an das Großherzogliche Ministerium führt der Ma-

gistrat von Bützow an, daß stellenweise 40 Centimeter Wasser auf den Flächen stehen.

Die Höhenlage der Wiesen bei Bützow wird von Herrn Hafenbaudirector Kerner in seinem Bericht von 20. August 1888 auf $+ 1,212$ N. N. angegeben, das Hochwasser vom Juli 1888 hätte somit eine Höhe von $1,212 + 0,40 = 1,61$ N. N. erreicht.

In der graphischen Darstellung der Wasserstände in Bützow und Rostock vom 29. Juli bis 18. August 1888, welche Herr Hafenbaudirector Kerner seinem Bericht als Anlage beigelegt hat, ist der höchste Wasserstand mit $+ 1,67$ N. N. am 29. Juli beobachtet worden. Da dieser Wasserstand noch höher als der vom Magistrat in Bützow angegebene und auch höher als der nach den Angaben von Krüger ermittelt ist, habe ich ihn meinen Berechnungen zu Grunde gelegt.

Den höchsten Wasserstand in Schwaan giebt Krüger auf Seite 18 seines oben erwähnten Berichts zu 1 Fuß über mittleren Sommerwasserstand an. Diese Angabe entspricht einer Ordinate $0,90 + 0,31 = 1,21$ N. N. Herr Hafenbaudirector Kerner giebt in seinem Bericht vom 2. Juni 1898 an, daß der höchste Wasserstand in Schwaan Anfangs April 1898 zu 1,31 m über Normal Null beobachtet worden ist.

Bei der Besichtigung, die ich Anfangs September v. J. vornahm, wurde mir an Ort und Stelle mitgetheilt, daß der höchste Wasserstand, der bisher in Schwaan beobachtet sei, die Höhe von 1,21 am dortigen Pegel erreicht habe, die Ordinate des Pegel-Nullpunktes wurde mir zu $+ 0,13$ N. N. angegeben. Es ergäbe sich demnach als Ordinate des höchsten Wasserstandes $1,21 + 0,13 = 1,34$ N. N. Auch für Schwaan habe ich diesen höchsten Wasserstand als den ungünstigsten meinen Berechnungen zu Grunde gelegt.

Es ist auffallend, daß nach den älteren Angaben sowohl in Bützow wie in Schwaan die Höhe der höchsten Wasserstände früher geringer war als nach den neueren Angaben. Wenn diese Unterschiede thatsächlich vorhanden sind, so finden sie meines Erachtens in der zunehmenden Verwilderung des Flußlaufes der Warnow, vergl. die Bemerkungen am Schlusse zu 5, und in den von Herrn Hafenbaudirector Kerner eingehend behandelten Folgen der Nebel-Canalisirung, vergl. Berichte des Hafenbaudirectors vom 16. August 1888 und vom 2. Juni 1898, ihre Erklärung. Bei der Berechnung der größten Wassermengen, sowie bei den späteren Berechnungen über die Wirkung einer Correction der Ober-Warnow habe ich angenommen,

daß der Wasserstand in Rostock stets derselbe sei und zwar, daß ohne Rücksicht auf die Wassermenge, welche die Oberwarnow führt, ein Stau von $+ 0,90$ N. N. der Höhe des Sommerstauziels entsprechend, gehalten werde.

Ich muß hier jedoch bemerken, daß ich vollständig der von Herrn Hafenbaudirector Kerner in seinem Bericht vom 16. August 1888 ausgesprochenen Ansicht darüber beipflichte, daß die Ableesungen des Wasserstandes am Ziel durchaus kein richtiges Urtheil über den Stand der Oberwarnow zulassen. Dies gilt namentlich dann, wenn die Freisluth oder die Mühlengerinne in Thätigkeit sind. Wenn ich also meinen Berechnungen einen Wasserstand von $+ 0,90$ N. N. in Rostock zu Grunde gelegt habe, so ist derselbe als der Wasserstand aufzufassen, den die Warnow oberhalb des Wehrs besitzt.

Da nun der Wasserstand der Oberwarnow lediglich davon abhängt, ob und wie viel Wasser die Mühlen verbrauchen oder durch die Freisluth in die Unterwarnow gelangt, so ist ohne Weiteres klar, daß der Wasserstand der Oberwarnow innerhalb kurzer Zeit und zwar innerhalb weniger Stunden großen Schwankungen unterworfen sein kann, je nachdem die Mühlen in vollem Betriebe sind oder den Betrieb einstellen. Durch vereinzelte Wasserstandsbeobachtungen kann daher der Nachweis, daß ein bestimmtes Ziel dauernd gehalten wird, nicht geführt werden. Obwohl, wie die weiteren Ausführungen darthun werden, Schwankungen von wenigen Centimetern einen nur ganz geringfügigen und räumlich sehr begrenzten Einfluß ausüben können, glaube ich doch, die Aufstellung eines selbstschreibenden Pegels an einer geeigneten Stelle, welche nur oberhalb der Mühlengerinne, der Freisluth und auch der Schiffahrtsschleuse gelegen sein kann, empfehlen zu können.

Erst auf Grund der Aufzeichnungen eines derartigen Apparats wird es möglich sein, den wahren Stand der Oberwarnow bei Rostock zu erkennen, und den Nachweis zu führen, daß das vertragsmäßig festgestellte Peil auch dauernd gehalten wird, oder wenigstens, daß die durch eine mehr oder weniger starke Wasserentnahme durch die Mühlen zc. eintretenden Schwankungen im Stande der Oberwarnow innerhalb zulässiger Grenzen liegen.

b. Die der Wassermengenberechnung zu Grunde zu legenden Querprofile und Gefälle.

Da die Akten keinerlei Angaben über die Profilabmessungen der Oberwarnow enthalten und die Kenntniß je eines mittleren

Profils zwischen Bützow und Schwaan und zwischen Schwaan und Rostock für die weiteren Berechnungen erforderlich war, wandte ich mich an Herrn Hafenbaudirector Kerner, der mir mittheilte, daß das mittlere Profil a) zwischen Bützow und Schwaan zu 110 qm, bei einer mittleren Tiefe, die geringer sei, als 3,6 m, b) zwischen Schwaan und Rostock kleiner als 179 in dubio p. 147 qm bei einer mittleren Tiefe von etwa 4,7 m anzunehmen sei. Die mir mitgetheilten Werthe sind auf Sommer-Beil bezogen. Um nicht zu günstig zu rechnen, habe ich für die Strecke Bützow-Schwaan ein mittleres Profil von $31 \cdot 3,50 = 108,5$ qm, für die Strecke Schwaan-Rostock ein solches von $31 \cdot 4,7 = 147$ qm angenommen. Diese Profilgrößen sind auch bei Berechnung der Wirkung der Korrektion als mittlere Profile beibehalten worden, obgleich es zulässig gewesen wäre, wegen der Abkürzung des ganzen Stromlaufs, welche durch die Korrektion erzielt wird, größere Querschnittgrößen bei Berechnung der Wassermenge, welche nach der Korrektion zum Abfluß gelangen werden, anzunehmen. Ich habe aber darauf verzichtet, um sicher zu sein, daß für den rechnungsmäßig ermittelten Erfolg der Korrektion keine zu günstigen Voraussetzungen gemacht worden sind.

Nach Angabe des Herrn Hafenbaudirectors Kerner liegen die Wiesen bei Bützow auf Ordinate 1,212, in Schwaan auf + 1,401 (vergl. Bericht des Herrn Hafenbaudirectors Kerner vom 20. August 1888). Bei einem Wasserstand von 1,67 N. N. in Bützow werden die Wiesen überfluthet, und wirken bei der Wasserführung mit, obwohl diese Wassermenge, wegen der geringen Tiefe und der unbedeutenden Geschwindigkeit, welche sich auf den Wiesen entwickeln kann, nur gering sein kann, ist sie in Rechnung gezogen. Die Breite des Ueberschwemmungsgebiets habe ich mit Hülfe der mir übersandten Generalstabskarten des Warnowthales zu 700 m angenommen. Diese Zahl dürfte für das mittlere Profil zwischen Bützow und Rostock vielleicht reichlich hoch gegriffen sein, sie ist aber in Rechnung gesetzt worden, um ja nicht zu günstig zu rechnen.

Nach den mir übersandten, auf der Strecke Schwaan-Rostock aufgenommenen Querprofilen liegen die Wiesen zwischen Schwaan und Rostock im Durchschnitt auf + 1,26 N. N., da sich der Hochwasserstand für das mittlere Profil zu 1,12 N. N. berechnet, also tiefer liegt als die Wiesen, ist für die Berechnung der Wassermengen, zwischen Schwaan und Rostock, nur der Flußschlauch in Rechnung gezogen.

Bei der Ermittlung der Gefälle habe ich auf Grund der mir übersandten Generalstabskarten die Entfernung Bützow-Schwaan zu

18 600 m eingesetzt. Dieses Maß entspricht der Entfernung: Mündung der Nebel-Schwaan. Da der Wasserstand der oberhalb der Einmündung der Nebel liegenden Warnowstrecke ebenso, wie der des Bülow'ser Sees in erster Linie von dem sich beim Zusammenfluß der Nebel und Warnow ergebenden Wasserstand beeinflusst wird, habe ich für die Entfernung Bülow-Schwaan nur die Entfernung von der Einmündung der Nebel bis zur Schwaaner Brücke in Rechnung gezogen. Bei der Berechnung der über die unindurten Wiesen fließenden Wassermengen ist die Entfernung Bülow-Schwaan nur je 13 000 m eingesetzt, sodaß sich für diesen Theil ein stärkeres Gefälle ergibt, weil anzunehmen ist, daß das über die Wiesen fließende Wasser nicht den Windungen des Flusses folgen, sondern auf dem kürzesten Wege zum Abfluß kommen wird.

Für die Strecke Schwaan-Rostock ist bei Ermittlung des Gefälles, eine Entfernung zwischen der Brücke in Schwaan und dem Wehr in Rostock zu 20 500 m eingesetzt. Bei allen Berechnungen ist zunächst auf die Stauwirkung der verschiedenen Hindernisse: Schwaaner Brücke, Barre unterhalb der Warnow-Bachmündung u. keine Rücksicht genommen, um die Rechnung nicht unnöthig zu erschweren.

Es ist also ein Fluß vorausgesetzt, in welchem, abgesehen von der Beschaffenheit der Sohle, der Abfluß des Wassers keinem Widerstande begegnet.

Es ist selbstverständlich, daß diese Voraussetzung auf die Warnow, wenigstens in ihrem gegenwärtigen Zustand, nicht zutrifft. Sie mußte aber gemacht werden, wenn die Rechnung, wie gesagt, nicht ganz unverhältnißmäßig complicirt gemacht werden sollte.

c. Die Formeln.

Die für Wassermengenberechnungen ähnlicher Art gebräuchliche Darcy-Bazin'sche Geschwindigkeitsformel, welche die Rechnung dadurch sehr erleichtert, daß der Coefficient sich verhältnißmäßig leicht berechnen läßt, liefert geradezu unbrauchbare Werthe, wenn es sich um so geringe relative Gefälle handelt, wie sie bei der Oberwarnow, selbst bei höchsten Wasserständen, vorkommen. Es ist daher durchwegs, bei allen Berechnungen, die Ganguillet und Kutter'sche Formel benutzt.

Was den Rauigkeitscoefficienten anbelangt, so mußte bei allen Betrachtungen über den gegenwärtigen Zustand der Oberwarnow $n = 0,030$ als Coefficient für Gewässer mit Wasserpflanzen eingesetzt werden, weil nach einer Mittheilung des Herrn Hafenbaudirectors

Kerner „Untersuchungen der Oberwarnow an den verschiedensten Stellen ergeben haben, daß die Warnowsohle dick mit Kraut bewachsen ist“.

Bei den Untersuchungen über die Wirkung der Korrektur ist $n = 0,025$ angenommen, weil ich voraussetze, daß bei Ausführung einer Korrektur in erster Linie eine gründliche Reinigung des ganzen Laufes der Oberwarnow von Kraut vorgenommen werden wird.

2. Die größten Wassermengen der Oberwarnow.

Die Berechnung I (siehe Anlage: theoretische Berechnungen zc.) ergibt, daß die Oberwarnow bei höchstem Wasserstand zwischen Bülow und Schwaan 57 cbm, zwischen Schwaan und Rostock 70 cbm pro Sekunde abführt. Da diese beiden Zahlen die Grundlage für alle weiteren Untersuchungen bilden, ist deren Zuverlässigkeit, wie folgt, weiter geprüft. Das Niederschlagsgebiet der Warnow ist in der Anlage zur hydrographischen Karte von Norddeutschland (bearbeitet im Bureau des Wasserausschusses Berlin 1895) im III. Abschnitte: Flächeninhalte der Stromgebiete auf S. 69 unter I, Gebiet der Ostsee, Küstenflüsse zu 3237,5 qkm. angegeben. Ich habe durch planimetrische Ermittlung gefunden, daß dieses Gesamt-Niederschlagsgebiet sich, wie folgt, vertheilt:

unterhalb Rostock	222 qkm
zwischen Rostock und Schwaan . .	598 "
zwischen Schwaan und Bülow . .	91 "
oberhalb Bülow	

a) Warnow 1400

b) Nebel 927 2327 "

zusammen: 3238 qkm.

Das Gebiet, welches bis Schwaan durch die Warnow entwässert wird, hat somit einen Flächeninhalt von $2327 + 91 = 2418$ qkm, während das Gebiet, das durch die Warnow bis Rostock entwässert wird, einen Flächeninhalt besitzt von $2418 + 598 = 3016$ qkm.

Im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften „Der Wasserbau“ sind im 2. Kapitel „Die Binnengewässer“ folgende Angaben über das Verhältniß zwischen Abflussmengen und Niederschlagsgebiet gemacht:

„Nach Heß kann man die in kleineren deutschen Flüssen zum Ablauf gelangenden Wassermengen in maximo zu 0,027 cbm pro Quadratkilometer des Niederschlagsgebiets annehmen.“

Außerdem hat Franzius im deutschen Bauhandbuch eine Tabelle über das Verhältniß der Abflußmenge bei kleinem und bei größtem Wasser, bezogen auf das Niederschlagsgebiet, veröffentlicht. Da im Stromgebiet der Warnow außerordentlich zahlreiche Seen verschiedener Größe vorkommen, welche den Abfluß der größten Wassermengen sehr verzögern, muß die Warnow in die letzte Categorie der von Franzius aufgestellten Tabelle eingereiht werden, für welche die größte Wassermenge auf 0,035 bis 0,06 oder im Mittel 0,021 cbm pro Sekunde und pro Quadratkilometer des Zuflußgebiets angegeben ist. Der Durchschnitt der von Heß und Franzius angegebenen Zahl ergäbe 0,024 pro Sekunde und pro Quadratkilometer des Niederschlagsgebiets.

Die größte Wassermenge, welche pro Sekunde bei Schwaan zum Abfluß gelangt, berechnet sich demnach zu $24180,024 = 58$ cbm, bei Rostock $3016 \cdot 0,024 = 72$ cbm. Beide Zahlen stimmen somit vorzüglich mit den unter 1 ermittelten Werthen. Daher darf mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß die größte Wassermenge, welche die Oberwarnow führt, zwischen Bützow und Schwaan 57 cbm, zwischen Schwaan und Rostock 70 cbm pro Sekunde beträgt. Den weiteren Berechnungen sind diese Zahlen zu Grunde gelegt.

Nach Mittheilung des Herrn Hafenbaudirectors Kerner beträgt die Wassermenge, welche die Oberwarnow bei niedrigstem Stand bei Rostock führt, nicht einmal 5 cbm. Nach Franzius wäre für kleinstes Wasser 0,0012 bis 0,0015 cbm pro Sekunde und Quadratkilometer anzunehmen. Setzt man den Durchschnitt oder 0,00135 cbm, der Berechnung zu Grunde, so ergibt sich als kleinste Wassermenge $3016 \cdot 0,00135 = 4,1$ cbm.

Diese Zahl stimmt also mit den von Herrn Hafenbaudirector Kerner angestellten Beobachtungen.

3. Einfluß einer Korrektion der Oberwarnow auf die Höhe der höchsten Wasserstände.

Es ist nun zu untersuchen, welche Senkung des höchsten Wasserstandes in Bützow wird die Ausführung einer Korrektion der Oberwarnow herbeiführen? Diese Frage läßt sich nur auf Grund von Versuchs-Rechnungen beantworten; für jede der betrachteten Strecken Rostock-Schwaan und Schwaan-Bützow muß dasjenige Gefälle

ermittelt werden, welches genügt, um die unter 1 berechneten sekundlichen Wassermengen = 70 cbm, zwischen Rostock und Schwaan, und 57 cbm, zwischen Schwaan und Bützow abzuführen.

Bei diesen Rechnungen wird vorausgesetzt:

1. daß die jetzt vorhandenen mittleren Profilquerschnitte unter Sommer-Ziel, hinsichtlich ihrer Größe und Tiefe, auch nach der Korrektion vorhanden sein werden;
2. daß auch beim Abfluß der höchsten Hochwasser der Wasserstand von + 0,90 N. N. (= Sommer-Ziel) in Rostock gehalten wird;
3. daß der Lauf der Oberwarnow durch Abschneidung verschiedener Krümmungen im Ganzen um 6 Kilometer gekürzt wird. (Nach Mittheilung des Herrn Hafenbaudirectors Kerner soll durch die Korrektion die Entfernung Bützow-Schwaan um 4 Kilometer, die Entfernung Schwaan-Rostock um 2 Kilometer gekürzt werden. Diese Angaben sind den Rechnungen zu Grunde gelegt.);
4. daß die Sohle des ganzen Flusses zwischen Bützow und Rostock vollständig von Kraut gereinigt wird;
5. daß der Fluß von allen Hindernissen, welche den Abfluß verhindern (namentlich von der Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches) befreit wird.

Es sind eine große Reihe von Rechnungen durchgeführt, von welchen in der Anlage unter II A. und B. nur diejenigen wiedergegeben sind, welchen für die Strecke Rostock-Schwaan ein Gefälle $J. = 0,000015$, für die Strecke Bützow-Schwaan ein Gefälle $J. = 0,00002$ zu Grunde gelegt ist.

Bei dem angenommenen Gefälle zwischen Bützow und Schwaan kann somit nicht ganz die Wassermenge zum Abfluß gelangen, die unter I A. ermittelt wurde. Da sich aber bei einem Gefälle $J. = 0,000025$, welchem ein Wasserstand in Bützow von + 1,55 entspricht, eine sekundliche Wassermenge von 70,1 cbm ergibt, so kann angenommen werden, daß, um 57,3 cbm abzuführen, ein Gefälle erforderlich sein wird, welches sehr wenig von $J. = 0,00002$ abweichen wird. Interpellirt man zwischen den Wassermengen 56,03 cbm (einem Gefälle $J. = 0,00002$ entsprechend) und 70,1 cbm (einem Gefälle $J. = 0,000025$ entsprechend), so ergibt sich, daß der sekundlichen Wassermenge 57,3 cbm ein Wasserstand von 1,477 entspricht.

Aus diesen Berechnungen geht hervor, daß die projectirte Korrektion der Oberwarnow eine Senkung des höchsten Wasserstandes von $1,67 - 1,48 = 0,19$ m in Bükow, $1,34 - 1,18 = 0,16$ m in Schwaan herbeiführen wird. An der Mündung des Zarnow-Bachs wird eine Senkung des Wasserspiegels eintreten, die sich, unter Zugrundelegung einer Entfernung Rostock-Zarnow Bachmündung $= 11,6$ km berechnet zu

$$(0,90 + 11,6 \cdot 0,0215) - (0,90 + 11,6 \cdot 0,015) = 0,08 \text{ m.}$$

Da nun die Wiesen in Bükow auf Ordinate $+ 1,212$ stehen, wird die Korrektion der Oberwarnow nicht verhüten, daß die Wiesen bei den höchsten Wasserständen überschwemmt werden, da aber Wasserstände von $+ 1,48$ demnächst eben so selten, wie die bisher beobachteten höchsten Wasserstände von $+ 1,67$ vorkommen werden, wird die Korrektion den Vortheil haben, daß die Wiesen in Bükow nur ausnahmsweise, und immer nur für kurze Zeit, unter Wasser kommen werden, weil, nach durchgeführter Korrektion, in Folge des größeren relativen Gefälles, die Leistungsfähigkeit des hordvollen Flusses eine erheblich größere sein wird, als gegenwärtig.

Um dieses nachzuweisen, sind unter III (s. Anlage) diejenigen Wassermengen berechnet, welche bei hordvollem Fluß in Bükow, d. h. bei einem Wasserstand, bei welchem eine Ueberschwemmung der Wiesen noch nicht eintritt, abgeführt werden können und zwar

- A. bei dem gegenwärtigen Zustand des Flusses,
- B. wenn der Fluß gemäß den zu Anfang dieser Betrachtungen gemachten Voraussetzungen corrigirt würde. Um den Einfluß der Verfrachtung darzuthun, ist unter
- C. die Wassermenge berechnet, welche bei dem gegenwärtigen Lauf die Oberwarnow abzuführen im Stande wäre, wenn nur eine gründliche Reinigung der Flußsohle von Kraut vorgenommen würde.

In nachstehender Tabelle sind die Ergebnisse der Rechnungen III A., B., C. der besseren Uebersicht wegen zusammengesetzt.

Die Oberwarnow ist somit im Stande, bei bordsvollem Fluß abzuführen pro Sekunde:

A.		B.		C.	
bei dem gegenwärtigen Zustand des Flusses.		wenn der Fluß gründlich corrigirt wird.		wenn nur eine gründliche Reinigung von Kraut vorgenommen wird.	
cbm	Procente der größten Wassermenge.	cbm	Procente der größten Wassermenge.	cbm	Procente der größten Wassermenge.
zwischen Bützow und Schwaan (größte Wassermenge—57 cbm pr. Sec.) 32,2	56 %	40,4	71 %	38,0	67 %
zwischen Schwaan und Rostock (größte Wassermenge—70 cbm pr. Sec.) 36,9	53 %	51,8	74 %	47,2	67 %

Aus der ersten und letzten Berechnung geht also hervor, welche Steigerung durch die Leistungsfähigkeit des jetzigen Flußlaufes erzielt werden könnte, wenn der Fluß ganz gründlich von den an der Sohle wachsenden Wasserpflanzen befreit würde. Es muß freilich bemerkt werden, daß bei diesen Berechnungen die Krümmungen nur insoweit Berücksichtigung gefunden haben, als sie den Fluß verlängern, während der Widerstand, den die Krümmungen auf die Bewegung des Wassers dadurch ausüben, daß in Folge der häufigen Richtungsänderungen Gefällverluste entstehen, wodurch die Geschwindigkeiten großen Veränderungen unterworfen sind, außer Acht gelassen sind. Der Widerstand der Stromkrümmungen ließe sich annähernd rechnerisch ermitteln, derartige Berechnungen sind aber wenig zuverlässig und es müssen, um dieselben durchzuführen, viel genauere Angaben diesen Untersuchungen zu Grunde gelegt werden, als ich den mir zur Verfügung gestellten Unterlagen entnehmen kann. In seinem Bericht vom 16. August 1888 giebt Herr Hafenbaudirector Kerner (allerdings bei höherem Wasserstand in Bützow) die in den Krümmungen bei Rambs und Schwaan verbrauchten Gefälle zu 0,259 m und 0,221 m an. Es genüge daher darauf hinzuweisen, daß in Folge des Widerstands der vielen Krümmungen, welche der Warnowlauf namentlich auf der Strecke Bützow-Schwaan aufzuweisen hat, das Ergebniß der Berechnungen A und C einer Berichtigung in dem Sinne bedarf, daß in Wirklichkeit der gegenwärtige Flußlauf nicht im Stande ist, die Wassermenge abzuführen, welche die Berechnungen A und C ergeben haben. Das Ergebniß der

vorstehenden Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß durch eine gründliche Correction der Oberwarnow eine ganz erhebliche Verbesserung sich erzielen läßt; bei den allerhöchsten Wasserständen würde trotzdem eine Ueberschwemmung der Wiesen in Büzow nicht verhütet werden können, diese wird aber viel seltener eintreten, als beim jetzigen Zustand, und immer nur von kurzer Dauer sein.

4. Einfluß der Senkung des Stauspiegels in Rostock auf die Höhe der höchsten Wasserstände.

Seitens der Interessenten an der Oberwarnow, namentlich in Büzow und Reez, wird an eine Senkung des Stauspiegels in Rostock die Erwartung geknüpft, daß dieselbe im Stande sei, Ueberschwemmungen zu verhindern. Aus den Berechnungen unter IV. geht hervor, ob und in welchem Maße diese Erwartungen gerechtfertigt sind.

Diesen Berechnungen sind folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

- a. das Stauziel in Rostock werde bei dem gegenwärtigen Zustand des Flusses um 30 cm. gesenkt,
- b. das Stauziel in Rostock werde um 90 cm. gesenkt,
- c. das Stauziel in Rostock werde um 34 cm. gesenkt, wie dies am 8. August 1888 thatsächlich geschah. Diese Rechnung soll die Uebereinstimmung der Rechnungsergebnisse mit der Wirklichkeit darthun. Für alle diese Berechnungen ist das Sohlengefälle i , wie folgt ermittelt:

Bei den Berechnungen unter I. ist für das mittlere Profil zwischen Rostock und Schwaan die Tiefe zu 4,70 unter Sommer-Ziel angegeben — hieraus ergab sich die Ordinate $4,70 - 0,90 = 3,80$ N. N., analog wurde für die Sohlentiefe des mittleren Profils zwischen Büzow und Schwaan die Ordinate $3,50 - 0,90 = 2,60$ N. N. ermittelt; die Entfernung der mittleren Profile unter einander beträgt

$$\frac{20500}{2} + \frac{18600}{2} = 19550 \text{ m.}$$

Das totale Sohlengefälle $3,80 - 2,60 = 1,20$ m vertheilt sich also auf 19550 m, woraus sich das relative Sohlengefälle ergibt zu

$$i = \frac{12}{195500} = \frac{1}{16292} = 0,0000614.$$

Um auch zu untersuchen, ob nach einer Korrektur durch Senkung des Stauspiegels in Rostock der Wasserstand in Büzow bei höchstem Hochwasser so gesenkt werden könnte, daß selbst bei den

höchsten Wasserständen die Ueberschwemmung der Wiesen verhindert werden könnte, ist die Berechnung unter c für eine Senkung des Stauziels in Rostock um 30 cm durchgeführt.

Hierbei ist die Entfernung der mittleren Profile.

$$\frac{18,5}{2} + \frac{14,6}{2} = 16,55 \text{ km.}$$

Das totale Gefälle ist wie oben = 1,20 m, demnach das relative Gefälle

$$i = \frac{12}{165500} = \frac{1}{13711} = 0,0000725.$$

Die Resultate der Berechnungen unter IV der Anlage sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt

Berechnete Senkung:	Bei gegenwärtigem Zustand des Flußlaufs und einer Senkung des Stauziels in Rostock um			Bei corrigirtem Fluß- lauf und Senkung des Stauziels in Rostock um
	30 cm	90 cm	34 cm	30 cm
an der Mündung des Zarnow-Baches	—	—	—	16,9 cm
in Schwaan	13,0 cm	33,6 cm	14,5 cm	12,1 cm
in Bülow	5,5 cm	13,3 cm	5,9 cm	5,2 cm

Aus diesen Berechnungen geht also hervor, daß selbst eine Senkung des Stauziels in Rostock um 90 cm, was beinahe der völligen Beseitigung des Staues gleichkäme, in Bülow nicht einmal dieselbe Wirkung ausüben würde, wie eine gründliche Correction des ganzen Flusses. Es war nämlich unter 3 ermittelt, daß durch eine gründliche Correction der Oberwarnow eine Senkung des höchsten Wasserstandes in Bülow von 19 cm zu erwarten stehe, während die Berechnung unter IV B ergibt, daß die Senkung des Stauziels in Rostock um 90 cm nur eine Senkung des höchsten Wasserstandes in Bülow um 13,3 cm herbeiführen würde.

Die Berechnung unter B ist für eine Senkung von 90 cm am Wehr durchgeführt. Es ist absichtlich nicht der volle Unterschied zwischen Oberwarnowpeil und Unterwarnow-Mittelwasser (1,03 m) zu Grunde gelegt, weil ich angenommen habe, daß im Frühjahr, wenn die Oberwarnow Hochwasser führt, der Stand der Unterwarnow ein höherer sein wird, als dem Mittelwasserstand entspricht.

Die Berechnung unter A. läßt aber auch deutlich erkennen, wie unwirksam eine Senkung des Stauziels um 30 cm sein würde. Die Frage drängt sich einem hierbei auf, ob es gerechtfertigt wäre,

eine Senkung des Staues in Rostock um 30 cm vorzunehmen, wodurch zweifellos der Betrieb der Mühlen ganz erhebliche Störungen erleiden müßte, um eine Senkung des höchsten Wasserstandes in Bülow von nur $5\frac{1}{2}$ cm zu erzielen.

Das Ergebniß der Rechnung unter C. stimmt sehr gut mit dem thatsächlich beobachteten Erfolg einer Senkung des Stauziels um 34 cm überein. In seinem Berichte vom 28. August 1888 giebt Herr Hafenbaudirector Kerner die beobachtete Senkung allerdings zu 7 cm an. Ich glaube aber, daß die thatsächliche Senkung in Bülow nur etwa auf 5 cm anzunehmen ist und zwar aus folgenden Gründen:

Wie aus der graphischen Darstellung, welche dem erwähnten Bericht des Herrn Hafenbaudirectors beigegeben ist, hervorgeht, trat der höchste Wasserstand in Bülow am 29. Juli ein; mit einer etwas stärkeren Senkung am 4. August, nahm die Höhe des Wassers vom 29. Juli bis 9. August allmählig ab. Es geht aus der Darstellung mit Deutlichkeit hervor, daß der Wasserstand vom 10. August in Bülow die Einwirkung der plötzlichen Senkung in Rostock am 8. August anzeigt. Es darf daher nach meiner Auffassung, um das Maaß der in Bülow eingetretenen Senkung in Folge der vom 7. auf den 8. August in Rostock plötzlich eingetretenen Senkung festzustellen, der Wasserstand in Bülow am 10. August nur mit einem aus den Wasserständen vom 8. und 9. gemittelten verglichen werden. In diesem Falle ergibt sich aber eine Senkung von nur 5 cm statt der berechneten 5,9 cm. Die Uebereinstimmung ist also fast vollkommen. Die Berechnung unter C. ergibt, daß auch nach erfolgter Korrektur eine Senkung des Stauziels in Rostock einen ganz geringen Einfluß auf die Höhe der höchsten Wasserstände in Bülow ausüben würde. Es könnte auf den ersten Blick befremdlich erscheinen, daß nach durchgeführter Korrektur die Wirkung einer Senkung des Stauziels in Rostock nicht stärker sein kann, als bei dem jetzigen Zustand. Die Rechnungen ergeben, daß, ob der jetzige Zustand beibehalten wird oder ob die Oberwarnow corrigirt wird, eine Senkung des Stauziels in Rostock um 30 cm in beiden Fällen in Bülow nur eine Senkung des höchsten Wasserpiegels um kaum 6 cm hervorrufen könnte. Es erklärt sich dieses dadurch, daß jede Senkung des Stauziels um so fühlbarer wird, je geringer das Spiegel- und namentlich auch das Sohlen-Gefälle wird.

Eine Controle für die Richtigkeit der Berechnungen unter A. und C. ist, wie erwähnt, in der Uebereinstimmung des Rechnungsergebnisses unter C. mit der beobachteten Wirkung der Senkung in Rostock.

Als Controle für die Richtigkeit der Berechnung unter B. ist aber ferner die Berechnung E. durchgeführt. Wenn nämlich die unter B. ermittelten Senkungen des höchsten Wasserstandes in Bützow und Schwaan zutreffend sind, so muß die Warnow bei den Gefällen, welche dem gesenkten Wasserspiegel entsprechen, im Stande sein, annähernd die unter I. berechnete größte Wassermenge abzuführen. Die Berechnung ergibt, daß bei einem Wasserstand in Bützow von + 1,54 N. N., in Schwaan + 1,00 N. N., in Rostock 0,00 N. N., auf der Strecke Bützow-Schwaan 53 cbm, auf der Strecke Schwaan-Rostock 78 cbm, abgeführt werden können. Die größten Wassermengen betragen zwischen Bützow-Schwaan 57 bem, zwischen Schwaan und Rostock 70 cbm. Die Uebereinstimmung zwischen den Resultaten muß als durchaus genügend bezeichnet werden.

Das Ergebnis aller vorstehenden Untersuchungen läßt sich also darin zusammenfassen: daß eine Senkung des Stauziels in Rostock eine dieser Senkung entsprechende für die Verbesserung der Vorfluth wirksame Senkung des höchsten Wasserstandes bis etwa Schwaan herbeizuführen im Stande ist, daß aber die Ueberschwemmungen in Bützow, selbst durch die völlige Beseitigung des Staues in Rostock nicht verhütet werden können.

5. Einfluß der Schwaaner Brücke und der Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches.

Bei allen bisherigen Untersuchungen ist vorausgesetzt, daß der Fluß von allen Hindernissen, welche den Abfluß verzögern, befreit sei. Da nun in Wirklichkeit dieser Zustand nur dann als zutreffend betrachtet werden kann, wenn eine gründliche Korrektion sich nicht nur darauf erstrecken sollte, die Krümmungen abzukürzen, sondern eine stetige Zunahme der Profilgrößen und der Sohlentiefe von Bützow bis Rostock herzustellen, wobei alle Hindernisse beseitigt werden müßten, erübrigt es noch zu untersuchen, welchen Aufstau die Brücke bei Schwaan und die Barre unterhalb des Zarnow-Baches erzeugen können. Zu diesem Zwecke sind unter V. folgende Rechnungen durchgeführt:

- A. 1. Einfluß der Schwaaner Brücke bei Hochwasser,
2. in dem jetzigen Zustand des Flusses,
3. wenn die Oberwarnow gemäß den Voraussetzungen unter 3 corrigirt wird.

- B. 1. Einfluß der Barre unterhalb der Einmündung des Zarnow-Baches,

2. in dem jetzigen Zustand des Flusses,
3. wenn die Oberwarnow gemäß den Voraussetzungen unter 3. corrigirt wird.

In den mir übersandten Quersprofilen ist die Querschnittgröße unter der Schwaaner Brücke bei einem Wasserstand von $+ 0,985$ zu 70 qm angegeben. Die Breite der Durchflußöffnungen beträgt $30,2 \text{ m}$. Es entspricht somit einem Wasserstand von $+ 1,34$ eine Querschnittsgröße von

$$70 + 0,35 \cdot 30,2 = 80,6 \text{ qm}$$

und dem nach der Korrektur zu erwartenden Wasserstand von $+ 1,18$ eine Querschnittsgröße von

$$70 + 0,19 \cdot 30,2 = 75,7 \text{ qm.}$$

Die Querschnittgröße 90 m unterhalb der Zarnow-Bachmündung ist bei einem Wasserstand von $+ 10,963$ angegeben zu $71,60 \text{ qm}$. Einem Hochwasserstand von $+ 1,15 \text{ m}$ entspricht daher, da die Wasserspiegelbreite $34,2 \text{ m}$ beträgt, eine Querschnittsfläche von

$$1,60 + 0,19 \cdot 34,2 = 78,1 \text{ qm}$$

und einem Wasserstand von $+ 1,07 \text{ m}$ eine solche von

$$71,60 + 34,2 \cdot 0,11 = 75,4 \text{ qm.}$$

Die Berechnungen unter A. ergeben, daß der durch die Schwaaner Brücke erzeugte Aufstau bei höchstem Hochwasser bei gegenwärtigem Zustand des Flußlaufs $3,5 \text{ cm}$, und wenn die Oberwarnow corrigirt würde, $4,0 \text{ cm}$ betragen würde. Dieser Aufstau ist geringfügig, und er würde sich durch Vertiefung der Flußsohle unter der Brücke fast ganz beseitigen lassen, sodaß auf einen Umbau der Schwaaner Brücke kein zu großes Gewicht gelegt zu werden braucht. Ganz anders verhält es sich mit dem durch die Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches erzeugten Aufstau.

Nach der Redtenbach'schen Formel ergibt sich die Größe des durch diese Barre erzeugten Aufstaus zu $0,10 \text{ m}$, nach der Weißbach'schen zu $0,06 \text{ m}$. Nimmt man das Mittel aus beiden Resultaten, so ergäbe sich ein Aufstau von 8 cm . Bei gegenwärtigem Zustand nach der Korrektur wäre, wenn die Barre nicht beseitigt würde, ein Aufstau von etwa 9 cm zu erwarten.

Bei den Betrachtungen unter 3 war als Wirkung einer Korrektur eine Senkung des höchsten Wasserstandes an der Mündung des Zarnow-Baches um 8 cm ermittelt worden. Es würde also, wenn der jetzige Zustand an der Mündung des Zarnow-Baches beibehalten würde, der durch eine Korrektur zu erwartende Vortheil einer Senkung des höchsten Wasserstandes für den Zarnow-Bach

völlig aufgehoben. Es leuchtet ferner ein, daß, gleiche Wassermengen vorausgesetzt, die Barre einen um so höheren Aufstau erzeugt, je niedriger der Wasserstand ist. Jede Senkung des Stauziels in Rostock würde daher in Folge des Aufstaus, den die Barre an der Zarnow-Bachmündung erzeugt, einen großen Theil ihrer Wirkung dort einbüßen.

Bei dem verhältnißmäßig großen Aufstau, den die Barre erzeugt, ist ohne Weiteres klar, daß die Frage, ob das Stauziel in Rostock um 1" Hamburger Maaß höher oder tiefer gehalten, ganz irrelevant ist. Was aber für die Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches gilt, das gilt für alle ähnlichen Hindernisse im Lauf der Oberwarnow.

Zwischen Bülow und Rostock ergießen sich eine ganze Anzahl Bäche von größerer oder geringerer Bedeutung in die Warnow. Diese Zuflüsse durchfließen, bevor sie in die Warnow münden, zum Theil flache Wiesenländereien, und lagern auf diesem Wege die Sinkstoffe, die sie mitführen, ab. Ein anderer Theil dieser Zuflüsse ergießt sich dagegen von den Hügeln, welche das Thal der Warnow bilden, fast unmittelbar in den Fluß. Nach starken Niederschlägen, oder im Frühjahr bei der Schneeschmelze, reißen diese Bäche in ihrem Lauf Sand, zum Theil vielleicht auch Kies von ihren Ufern, und führen diese Sinkstoffe bei dem starken Gefälle ihres Bettes bis zur Warnow. Bei dem selbst zu Hochwasserzeiten sehr schwachen Gefälle der Warnow und bei dem Hinderniß, welches die Wasserpflanzen im Warnowbette ihrer Fortbewegung entgegensetzen, können diese Sinkstoffe nicht weiter geführt werden — sie lagern sich zum Theil in Form von Barren, wie unterhalb des Zarnow-Baches, zum Theil lagern sie sich in nicht so auffallender Weise, vermindern aber nichtsdestoweniger den für den Abfluß wirksamen Querschnitt. Wenn man nun bedenkt, daß der soeben geschilderte Prozeß sich nicht nur seit Jahren, sondern seit Jahrzehnten, und vielleicht seit Jahrhunderten bei jeder Schneeschmelze und bei jedem starken Gewitter wiederholt, und daß vielleicht niemals etwas geschehen ist, um dieser, wenn auch langsamen, so doch fortschreitenden Verlandung des Flußbettes entgegen zu wirken, so erscheint einerseits eine wachsende Verschlechterung in den Abflußverhältnissen der Oberwarnow, und andererseits eine stetige Erhöhung der höchsten Wasserstände die nothwendige Folge des sich selbst überlassenen Flusses zu sein. (Vergl. die Bemerkung über die Höhen der höchsten Wasserstände in Bülow und Schwaan unter 1 a.)

6. Schlussfolgerungen.

Fasse ich zum Schlusse das Resultat aller Untersuchungen zusammen, so komme ich zu dem Ergebniss:

- 1) daß der Grund für die mangelhafte Vorfluth der Oberwarnow zwischen Bülow-Rostock ausschließlich in dem jetzigen Zustand des Flußlaufs zu suchen ist;
- 2) daß, wenn die Oberwarnow sachgemäß regulirt wird, ihr Bett in erster Linie gründlich von allen Wasserpflanzen und von allen den Abfluß verzögernden Hindernissen (Barren etc.) gereinigt wird, die Innehaltung eines Staues von etwa 1 m über Rostocker Null (= 0,90 über Normal Null) keinen wesentlichen Einfluß auf die Gefällverhältnisse 20 bzw. 40 km oberhalb des Staues ausüben wird, weil
- 3) die Korrektion eine größere Senkung der höchsten Wasserstände in Bülow herbeizuführen vermag, als selbst die völlige Aufhebung des Staues in Rostock bewirken könnte.

Diese Betrachtung bezieht sich nur auf die Zeit, wo die Warnow Hochwasser führt. Bei niedrigen und niedrigsten Wasserständen der Oberwarnow dagegen wird die Höhe des Wasserspiegels in erster Linie von der Höhe des Stauziels in Rostock geregelt. (Vergl. Bemerkungen unter 1 a.)

Bremen, den 31. März 1899.

(gez.) **G. de Chiern,**
Bauinspector.

Anlage

zum Gutachten des Bauinspectors
de Thierry in Bremen betr.

Vorfluth-Verhältnisse der oberen
Warnow.

Theoretische Berechnungen.





Bei den nachstehenden Berechnungen sind folgende Formeln benutzt:

a. Bei den Berechnungen der Wassermengen

$$Q = F \cdot v,$$

worin Q die Wassermenge, F der mittlere Querschnitt, v die mittlere Geschwindigkeit.

$$v = k \sqrt{R \cdot J}.$$

k ist der Coefficient, R mittl. Profilradius $= \frac{F}{u}$, wenn mit u der benetzte Umfang bezeichnet wird, J ist das relative Gefälle $= \frac{h}{l}$.

Der Coefficient k ist, mit Hülfe der in Rühlmann's Hydromechanik veröffentlichten Tabellen SS. 414 und 415, nach der Formel berechnet:

$$k = \frac{\alpha}{1 + \frac{\beta \cdot \sqrt{R}}{\alpha}}$$

worin nach Ganguillet und Kutter

$$\alpha = \frac{1}{n} + 23 + \frac{0,00155}{J}; \quad \beta = \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) n.$$

n ist der Rauigkeitscoefficient. Für alle Untersuchungen, welche sich auf den gegenwärtigen Zustand der Ober-Barrow beziehen, ist $n = 0,0300$, dagegen bei den Untersuchungen über die Wirkung der Korrektion $n = 0,0250$ angenommen.

b. Bei den Berechnungen über den Einfluß einer Senkung des Stauspiegels am Wehr zu Rostock sind die Tabellen benutzt in Rühlmann's Hydromechanik, welche für die Gleichung gelten

$$\frac{il}{e} = f\left(\frac{Z}{e}\right) - f\left(\frac{z}{e}\right),$$

worin Z die Senkung des Stauspiegels am Wehr,
 z die Senkung in der Entfernung
 l vom Wehr,
 e die natürliche Wassertiefe,
 i das Sohlengefälle bedeuten.

Die vorhin angeführte Gleichung ist die abgekürzte Form der integrierten Gleichung der Staukurve, für den Fall, daß eine Senkung der Oberfläche statt hat:

$$\frac{il}{e} = \frac{1}{3} \text{Log. nat} \frac{Z}{z} - \frac{2}{3} \frac{Z-z}{e} + \frac{1}{9} \frac{Z^2-z^2}{e^2} + \frac{1}{27} \frac{Z^3-z^3}{e^3} + \frac{1}{108} \frac{Z^4-z^4}{e^4} - \frac{1}{486} \frac{Z^6-z^6}{e^6} - \frac{1}{567} \frac{Z^7-z^7}{e^7} \dots$$

c. Bei der Berechnung des Einflusses der Brücke in Schwåan ist die Gleichung benutzt

$$Q = u \cdot v \cdot F,$$

worin Q die Wassermenge, welche durch die Brücke zum Abfluß gelangt, v die mittlere Geschwindigkeit, F den Querschnitt bedeutet. Der Coefficient u, der von der Pfeilerconstruction abhängig ist, ist im vorliegenden Fall = 0,86 angenommen. Für die Ermittlung des durch die Brücke erzeugten Aufstaus h ist

$$v^2 = 2gh, \text{ woraus } h = \frac{v^2}{2g'}$$

worin g die Erdbacceleration = 9,81.

d. Bei der Berechnung des Einflusses der Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches ist sowohl die Redtenbacher'sche als die Weisbach'sche Gleichung benutzt. Die Redtenbacher'sche Gleichung lautet

$$h = \frac{Q}{0,62 \cdot b \sqrt{2gx}} - 0,92 x,$$

die Weisbach'sche

$$h = \frac{Q}{0,8 b \sqrt{2gx}} - 0,66 x,$$

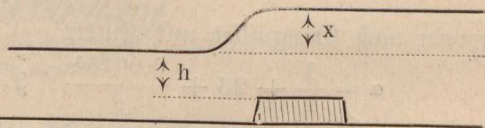
in beiden Gleichungen bedeutet

h die Höhe des Unterwassers über der Barre,

b die Breite der Barre,

Q die Wassermenge, x der Aufstau,

g die Erdbacceleration.



I. Berechnung der Wassermenge, welche die Ober-Warnow bei Hochwasser abführt.

A. Auf der Strecke Bülow-Schwåan.

Mittleres Profil unter Sommer-Ziel 110 qm

Mittlere Tiefe " " " etwa 3,6 m

in Rechnung gezogen 3,50 mittlere Breite = 31 m angenommen,

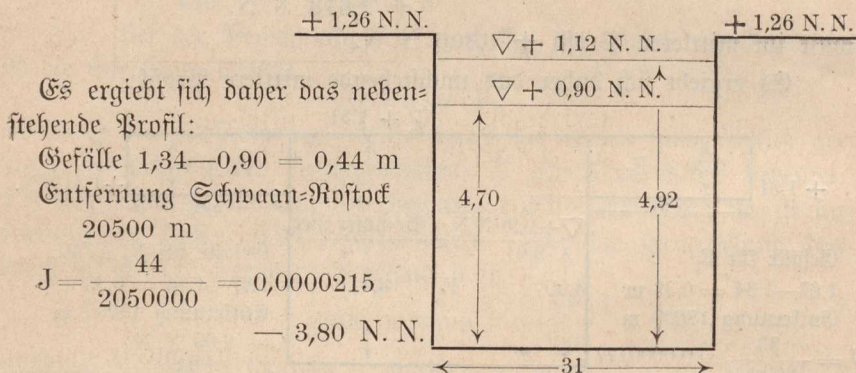
so daß $F = 31 \cdot 3,50 = 108,5$ qm.

Hochwasser in Schwaan + 1,34 N. N.

" " Rostock + 0,90 N. N. = Sommerziel
2,24

somit im mittleren Profil + 1,12 N. N.

Höhe der Wiesen zwischen Schwaan und Rostock im Durchschnitt
+ 1,26 N. N. somit hochwasserfrei.



$$F = 31 \cdot 4,92 = 152,5$$

$$R = \frac{152,5}{31 + 9,84} = 3,73$$

$$\alpha = 129,2; \beta = 2,875;$$

$$k = \frac{129,2}{1 + \frac{2,875}{\sqrt{3,73}}} = 51,9$$

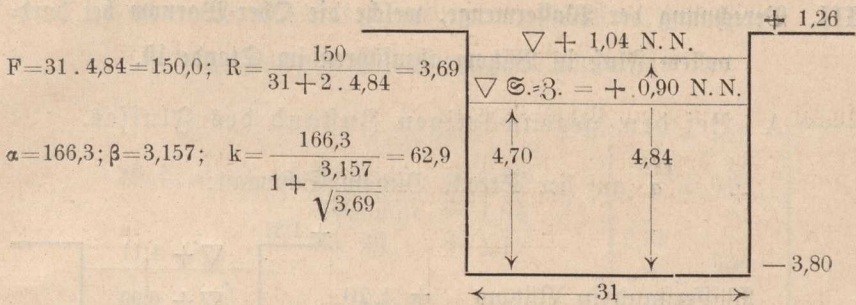
$$v = 51,9 \sqrt{3,73 \cdot 0,0000215} = 0,46 \text{ m}$$

$$Q = 152,5 \cdot 0,46 = 70,15 \text{ cbm.}$$

II. Berechnung der Wassermenge, welche die corrigirte Ober-Warnow bei Hochwasser abzuführen im Stande wäre.

A. Auf der Strecke Rostock-Schwaan.

Bei einem Gefälle $J = 0,000015$ — einer Entfernung Rostock-Schwaan = $20,5 - 2,0 = 18,5$ Kilometer und einem Wasserstand in Rostock von + 0,90 N. N. berechnet sich der Wasserstand in Schwaan zu $0,90 + 18,5 \cdot 0,015 = 1,18$ N. N. Der Wasserstand im mittleren Profil = $\frac{0,90 + 1,18}{2} = 1,04$ N. N.



$$v = 62,9 \sqrt{3,69 \cdot 0,000015} = 0,468 \text{ m}$$

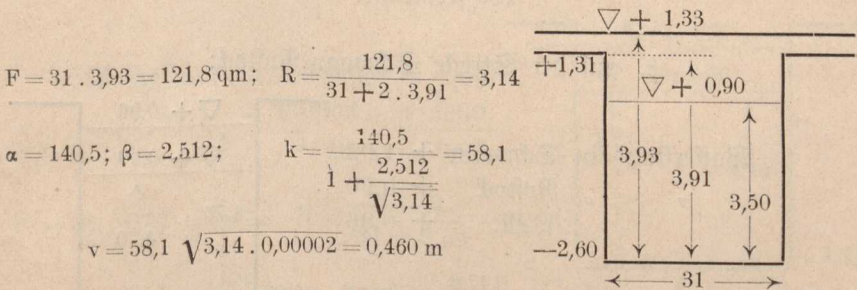
$$Q = 150,0 \cdot 0,47 = 70,2 \text{ cbm.}$$

B. Auf der Strecke Schwaan-Bützow.

Bei einem Gefälle $J = 0,00002$, der Entfernung Schwaan-Bützow = 14,6 km (= 18,6—4,0) dem oben berechneten Wasserstand in Schwaan von + 1,18 N.N. ergibt sich der Wasserstand in Bützow zu $1,18 + 14,6 \cdot 0,02 = 1,47 \text{ N.N.}$

Der Wasserstand im mittleren Profil:

$$\frac{1,18 + 1,47}{2} = 1,33 \text{ N.N.}$$



$$v = 58,1 \sqrt{3,14 \cdot 0,00002} = 0,460 \text{ m}$$

$$Q = 121,8 \cdot 0,46 = 56,03 \text{ cbm.}$$

Bei der geringen Tiefe von nur 2 cm auf den Seitenflächen findet eine so minimale Strömung dort statt, daß die über diese Flächen abfließende Wassermenge außer Betracht bleiben kann.

III. Berechnung der Wassermenge, welche die Ober-Warnow bei bordvollem Fluß in Bülow abzuführen im Stande ist.

A. Bei dem gegenwärtigen Zustand des Flusses:

α. auf der Strecke Bülow-Schwaan:

	+ 1,31	
		▽ + 1,11
Wasserstand in Bülow	+ 1,20	↑ ▽ + 0,90
" " Schwaan	+ 1,02	
" " i. M.	+ 1,11	

$$F = 31 \cdot 3,71 = 115,0 \text{ qm}; \quad R = \frac{115}{31 + 2 \cdot 3,71} = 2,99 - 2,60$$

$$J = \frac{18}{1860000} = 0,0000096$$

$$\alpha = 220,2; \quad \beta = 5,606; \quad k = \frac{220,2}{1 + \frac{5,606}{\sqrt{2,99}}} = 51,9$$

$$v = 51,9 \sqrt{2,99 \cdot 0,0000096} = 0,278 \text{ m}$$

$Q = 115,0 \cdot 0,28 = 32,2 \text{ cbm}$ oder etwa 56 % der maximalen Wassermenge.

β. auf der Strecke Schwaan-Rostock:

		▽ + 0,96
		↑ ▽ + 0,90
Wasserstand in Schwaan	+ 1,02	
" " Rostock	+ 0,90	
" " i. M.	+ 0,96	

$$F = 31 \cdot 4,76 = 147,6 \text{ qm}; \quad R = \frac{147,6}{31 + 2 \cdot 4,76} = 3,64 - 3,80$$

$$J = \frac{12}{2050000} = 0,0000059$$

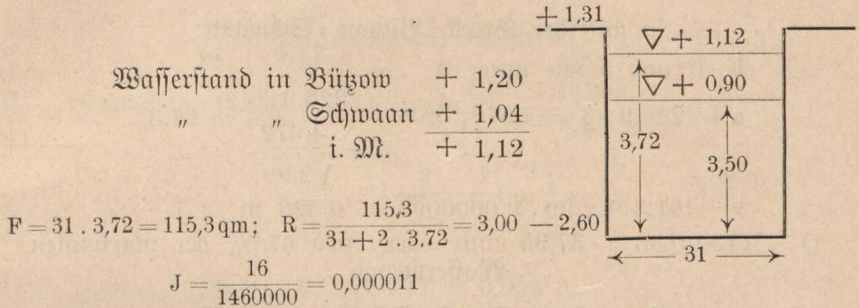
$$\alpha = 296,4; \quad \beta = 8,794; \quad k = \frac{296,4}{1 + \frac{8,794}{\sqrt{3,64}}} = 52,9$$

$$v = 52,9 \sqrt{3,64 \cdot 0,0000059} = 0,245 \text{ m}$$

$Q = 147,6 \cdot 0,25 = 36,9 \text{ cbm}$ oder etwa 53 % der maximalen Wassermenge.

B. Bei corrigirtem Fluß.

a. auf der Strecke Bülow-Schwaan.

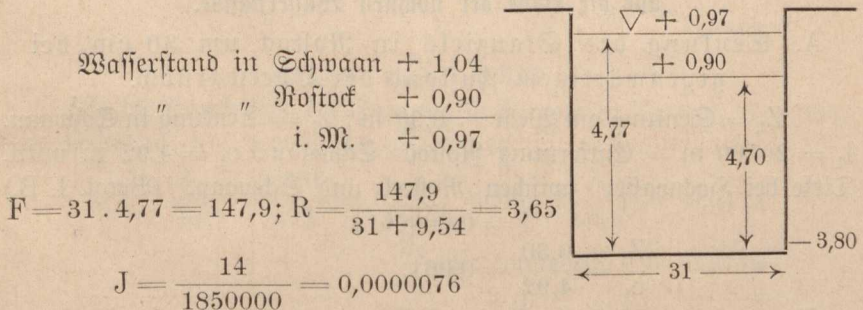


$$\alpha = 207,7; \beta = 4,191; k = \frac{207,7}{1 + \frac{4,191}{\sqrt{3,00}}} = 60,7$$

$$v = 60,7 \sqrt{3,00 \cdot 0,000011} = 0,348 \text{ m}$$

$Q = 115,3 \cdot 0,35 = 40,35 \text{ cbm}$ oder etwa 71 % der maximalen Wassermenge.

β. auf der Strecke Schwaan-Rostock:



$$\alpha = 271,1; \beta = 5,780; k = \frac{271,1}{1 + \frac{5,78}{\sqrt{3,65}}} = 67,3$$

$$v = 67,3 \sqrt{3,65 \cdot 0,0000076} = 0,354 \text{ m}$$

$Q = 147,9 \cdot 0,35 = 51,77 \text{ cbm}$ oder etwa 74 % der maximalen Wassermenge.

C. Bei dem gegenwärtigen Lauf des Flusses, wenn nur eine gründliche Reinigung der Flußsohle von Kraut vorgenommen würde ($n = 0,0250$).

a. auf der Strecke Bülow = Schwaan:

F, R und J wie unter A.

$$\alpha = 226,9; \beta = 4,672; k = \frac{226,9}{1 + \frac{4,672}{\sqrt{2,99}}} = 61,3$$

$$v = 61,3 \sqrt{2,99 \cdot 0,0000096} = 0,328 \text{ m}$$

$$Q = 115 \cdot 0,33 = 37,95 \text{ cbm oder etwa } 67 \% \text{ der maximalen Wassermenge.}$$

\beta. auf der Strecke Schwaan = Rostock:

F, R und J wie unter A.

$$\alpha = 333,1; \beta = 7,329; k = \frac{333,1}{1 + \frac{7,329}{\sqrt{3,64}}} = 68,8$$

$$v = 68,8 \sqrt{3,64 \cdot 0,0000059} = 0,319 \text{ m}$$

$$Q = 147,6 \cdot 0,319 = 47,23 \text{ cbm oder } 67 \% \text{ der maximalen Wassermenge.}$$

IV. Berechnung des Einflusses der Senkung des Staupegels in Rostock auf die Höhe der höchsten Wasserstände.

A. Senkung des Stauziels in Rostock um 30 cm bei gegenwärtigem Zustand der Oberwarnow.

Z_1 = Senkung am Wehr = 0,30 m; z_1 = Senkung in Schwaan.

$l_1 = 20500 \text{ m}$ = Entfernung Rostock = Schwaan; $e_1 = 4,92 \text{ m}$ mittl. Tiefe bei Hochwasser zwischen Rostock und Schwaan. (Vergl. I. B.)

$$i = 0,0000614$$

$$\frac{Z_1}{e_1} = \frac{0,30}{4,92} = 0,061,$$

wofür nach der Tabelle II in Rühlmann's Hydromechanik § 157 nach Interpolation

$$f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = 0,5624$$

$$il_1 = 0,0000614 \cdot 20500 = 1,2587; \frac{il_1}{e_1} = \frac{1,2587}{4,92} = 0,2558$$

$$f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) - \frac{il_1}{e_1} = 0,3066$$

$$\frac{z_1}{e_1} = 0,0265$$

$$z_1 = 0,0265 \cdot 4,92 = 0,130 \text{ m.}$$

Für die Berechnung der Senkung in Büßow ist $Z_2 = z_1 = 0,130$,
 $l_2 = 18600$ m, $e_2 = 4,11$ (vergl. I. A.), $z_2 =$ Senkung in Büßow,
 i wie vor $= 0,0000614$.

$$\frac{Z_2}{e_2} = \frac{0,13}{4,11} = 0,032, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = 0,3655$$

$$il_2 = 0,0000614 \cdot 18600 = 1,14204; \quad \frac{il_2}{e_2} = \frac{1,14204}{4,11} = 0,2779$$

$$f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) - \frac{il_2}{e_2} = 0,0876$$

$$\frac{Z_2}{e_2} = 0,0134$$

$$z_2 = 0,0134 \cdot 4,11 = 0,055 \text{ m.}$$

B. Senkung des Stauziels in Rostock um 90 cm bei gegenwärtigem Zustand der Oberwarnow.

$Z_1 =$ Senkung am Wehr $= 0,90$, $l_1 = 20500$ m, $z_1 =$ Senkung in Schwaan, $e_1 = 4,92$ m, $i = 0,0000614$.

$$\frac{Z_1}{e_1} = \frac{0,9}{4,92} = 0,183, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = 0,8509$$

$$\frac{il_1}{e_1} \text{ wie umstehend} = 0,2558$$

$$f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) - \frac{il_1}{e_1} = 0,5951$$

$$\frac{Z_1}{e_1} = 0,0683$$

$$z_1 = 0,0683 \cdot 4,92 = 0,336 \text{ m.}$$

Für die Berechnung der Senkung in Büßow ist $Z_2 = z_1 = 0,336$,
 $l_2 = 18600$ m, $i = 0,0000614$, $e_2 = 4,11$.

$$\frac{Z_2}{e_2} = \frac{0,336}{4,11} = 0,082, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = 0,6473$$

$$\frac{il_2}{e_2} \text{ wie umstehend} = 0,2779$$

$$f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) - \frac{il_2}{e_2} = 0,3694$$

$$\frac{Z_2}{e_2} = 0,0324$$

$$z_2 = 0,0324 \cdot 4,11 = 0,133 \text{ m.}$$

C. Senkung des Stauziels in Rostock um 34 cm bei gegenwärtigem Zustand der Oberwarnow.

$Z_1 = 0,34$, $l_1 = 20500$, $z_1 =$ Senkung in Schwaan, $e_1 =$ natürliche Wassertiefe zwischen Rostock und Schwaan sei $= 4,90$ m ange-

nommen mit Rücksicht darauf, daß schon vor der plötzlichen Senkung um 34 cm der Wasserstand in Rostock 5—6 cm niedriger war als Sommerziel, $i = 0,0000614$.

$$\frac{Z_1}{e_1} = \frac{0,34}{4,90} = 0,069, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = 0,5982$$

$$il_1 = 0,0000614 \cdot 20500 = 1,2587; \quad \frac{il_1}{e_1} = \frac{1,2587}{4,90} = 0,2569$$

$$f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) - \frac{il_1}{e_1} = 0,3413$$

$$\frac{Z_1}{e_1} = 0,0296$$

$$z_1 = 0,0296 \cdot 4,90 = 0,145 \text{ m.}$$

Für die Berechnung der Senkung in Büxow ist $Z_2 = z_1 = 0,145$, $l_2 = 18600$, $i = 0,0000614$, $e_2 = 4,00$ angenommen, weil, wie aus dem dem mehrfach erwähnten Bericht des Herrn Hafenbaudirectors Kerner beigegebenen graphischen Darstellung der Wasserstände in Büxow und in Rostock zwischen dem 29. Juli und dem 18. August 1888 hervorgeht, schon vor der Wirkung der plötzlichen Senkung des Spiegels in Rostock der Wasserstand in Büxow etwa 10—11 cm niedriger war als derjenige, der den Berechnungen unter I. A. zu Grunde gelegt worden ist, $i = 0,0000614$.

$$\frac{Z_2}{e_2} = \frac{0,145}{4,00} = 0,03625, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = 0,4046$$

$$il = 0,0000614 \cdot 18600 = 1,14204; \quad \frac{il_2}{e_2} = \frac{1,14204}{4,00} = 0,2855$$

$$f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) - \frac{il_2}{e_2} = 0,1191$$

$$\frac{Z_2}{e_2} = 0,01475$$

$$z_2 = 0,01475 \cdot 4,0 = 0,059 \text{ m.}$$

D. Senkung des Stauziels in Rostock um 30 cm bei corrigirtem Flußlauf.

z_1 = Senkung an der Mündung des Zarnow-Baches; z_2 in Schwaan; $Z_1 = 0,30$; $l_1 = 11600$; $l_2 = 18600$; $e_1 = 4,84$ (vergl. II. A.); $i = 0,0000725$.

$$\frac{Z_1}{e_1} = \frac{0,30}{4,84} = 0,062, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = \begin{array}{cc} \text{für } l_1 & \text{für } l_2 \\ 0,5671 & 0,5671 \end{array}$$

$$il_1 = 0,0000725 \cdot 11600 = 0,8410; \quad il_2 = 1,3485$$

$$\frac{il_1}{e_1} = 0,1738 \quad \frac{il_2}{e_2} = 0,2786$$

$$f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) = f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) - \frac{il_1}{e_1} \text{ und } f\left(\frac{Z_1}{e_1}\right) - \frac{il_2}{e_1} = \begin{array}{cc} 0,3933 & 0,2885 \end{array}$$

$$\frac{Z_1}{e_1} = \text{für } l_1 = 0,0349; \quad \text{für } l_2 \cdot \frac{Z_2}{e_1} = 0,025$$

$$Z_1 = 0,0349 \cdot 4,84 = 0,169; \quad Z_2 = 0,025 \cdot 4,84 = 0,121.$$

Für die Berechnung der Senkung in Bügow ist $Z_2 = z_2 = 0,12$,
 $e_2 = 3,93$, $l_3 = 14600$, i wie vor $= 0,0000725$.

$$\frac{Z_2}{e_2} = \frac{0,12}{3,93} = 0,0305, \text{ wofür } f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) = 0,3511$$

$$il_3 = 0,0000725 \cdot 14600 = 1,0585; \quad \frac{il_3}{e_2} = \frac{1,0585}{3,93} = 0,2693$$

$$f\left(\frac{Z_3}{e_2}\right) = f\left(\frac{Z_2}{e_2}\right) - \frac{il_3}{e_2} = 0,0818$$

$$\frac{Z_3}{e_2} = 0,0132$$

$$Z_3 = 0,0132 \cdot 3,93 = \mathbf{0,052 \text{ m.}}$$

E. Berechnung der Wassermenge, welche die Ober-Warnow bei gesenktem Wasserspiegel (vergl. Ber. IV B.) abzuführen im Stande ist (wenn $n = 0,030$).

a. auf der Strecke Bügow-Schwaan:

Wasserstand in Bügow $1,67 - 0,13 = 1,54 \text{ N. N.}$

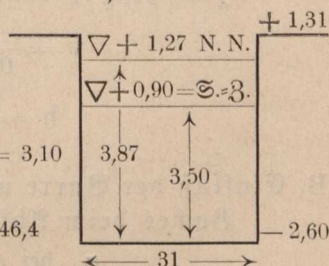
" " Schwaan $1,34 - 0,34 = 1,00 \text{ N. N.}$

i. M. $+ 1,27 \text{ N. N.}$

$$\text{Gefälle } J = \frac{54}{1860000} = 0,0000290$$

$$F = 31 \cdot 3,87 = 120 \text{ qm;} \quad R = \frac{120}{31 + 2 \cdot 3,87} = 3,10$$

$$\alpha = 110,1; \quad \beta = 2,302; \quad k = \frac{110,1}{1 + \frac{2,302}{\sqrt{3,10}}} = 46,4$$



$$v = 46,4 \sqrt{3,10 \cdot 0,000029} = 0,44 \text{ m}$$

$$Q = 120 \cdot 0,44 = \mathbf{53 \text{ cbm}}$$

β. auf der Strecke Schwaan-Rostock:

Wasserstand in Schwaan + 1,34 — 0,34 = 1,00 N. N.

" " Rostock + 0,90 — 0,90 = + 0,00 N. N.

Wasserstand im mittleren Profil + 0,50 N. N.

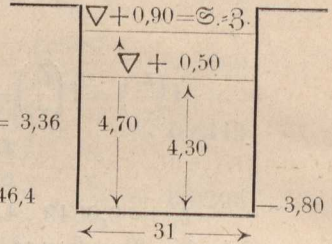
$$\text{Gefälle } J = \frac{1}{20500} = 0,0000488$$

$$F = 31 \cdot 4,30 = 133,3 \text{ qm};$$

$$R = \frac{133,3}{31 + 2 \cdot 4,30} = 3,36$$

$$\alpha = 88,1; \beta = 1,645;$$

$$k = \frac{88,1}{1 + \frac{1,645}{\sqrt{3,36}}} = 46,4$$



$$v = 46,4 \sqrt{3,36 \cdot 0,0000488} = 0,594 \text{ m}$$

$$Q = 133 \cdot 0,59 = 78,5 \text{ cbm}$$

V. Berechnung des Einflusses der Schwaaner Brücke und der Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches.

A. Einfluß der Schwaaner Brücke beim Abfluß der größten Wassermenge.

α. bei gegenwärtigem Zustand der Ober-Zarnow:

$$Q = 57,3 \text{ cbm}, F = 80,6 \text{ qm}, \mu = 0,86, 2g = 19,62$$

$$v = \frac{Q}{\mu \cdot F} = \frac{57,3}{0,86 \cdot 80,6} = 0,827 \text{ m}$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,827^2}{19,62} = \frac{0,683929}{19,62} = 0,035 \text{ m}$$

β. bei corrigirtem Flußlauf:

$$Q = 57,3, F = 75,7, \mu = 0,86 \text{ m}, 2g = 19,62$$

$$v = \frac{57,3}{0,86 \cdot 75,7} = 0,888 \text{ m}$$

$$h = \frac{0,888^2}{19,62} = 0,040 \text{ m.}$$

B. Einfluß der Barre unterhalb der Mündung des Zarnow-Baches beim Abfluß der größten Wassermenge.

α. bei gegenwärtigem Zustand:

$$Q = 70 \text{ cbm, die Breite } b = \frac{78,2}{2,37} = 33 \text{ m, } x \text{ muß so gewählt werden, daß } h = \text{annähernd } 2,37 \text{ m.}$$

Für $x = 0,10$ m ist nach der Redtenbach'schen Formel

$$h = \frac{70}{0,62 \cdot 33 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,10}} - 0,92 \cdot 0,10 = 2,35 \text{ m}$$

Für $x = 0,06$ m ist nach der Weißbach'schen Formel

$$h = \frac{70}{0,8 \cdot 33 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,06}} - 0,66 \cdot 0,06 = 2,30 \text{ m}$$

β. bei corrigirtem Flußlauf:

$Q = 70$ cbm, die Breite $b = \frac{75,4}{2,29} = 33$ m, x muß so gewählt werden, daß $h =$ annähernd $2,29$ m.

Für $x = 0,12$ m ist nach der Redtenbach'schen Formel

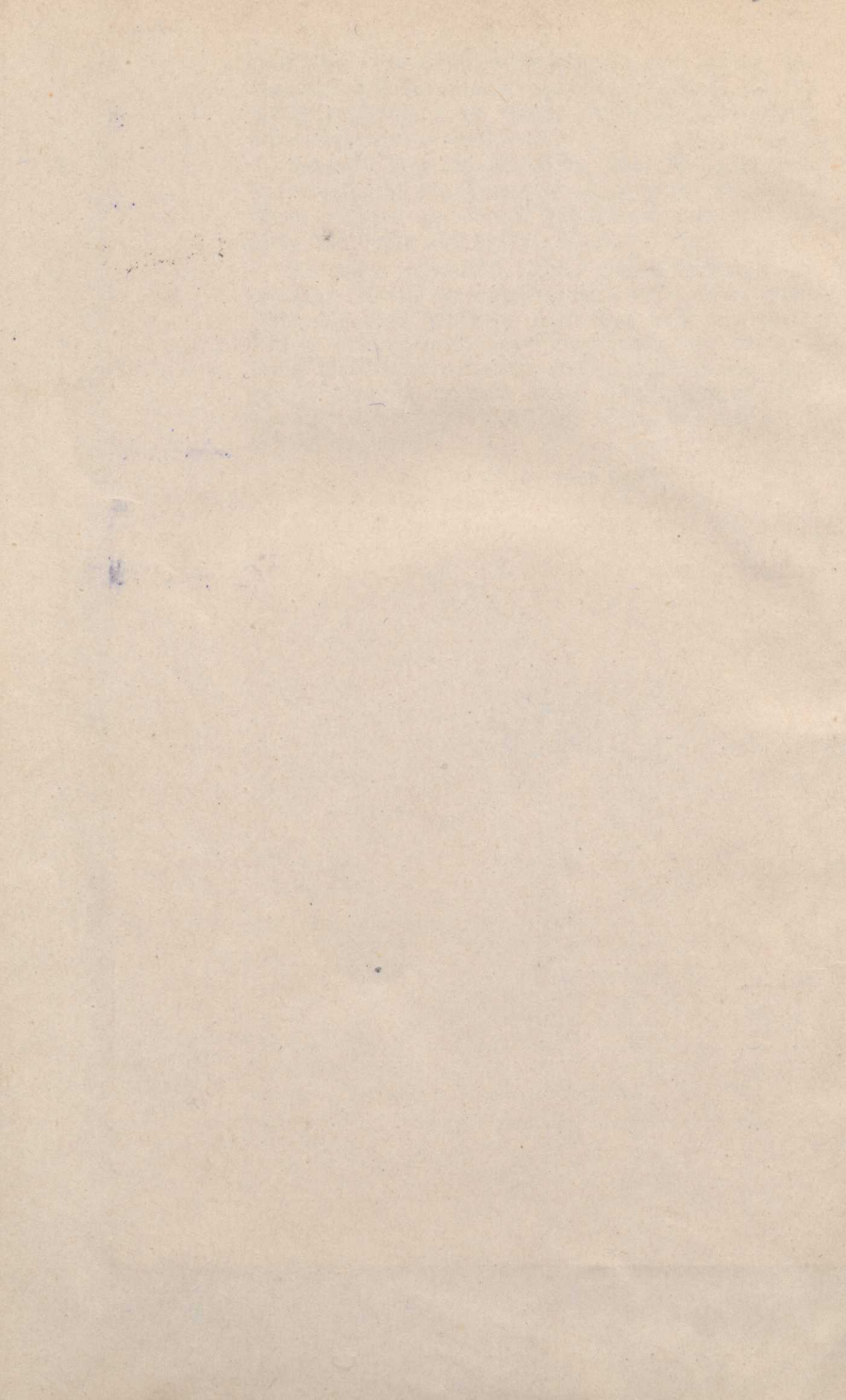
$$h = \frac{70}{0,62 \cdot 33 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,12}} - 0,92 \cdot 0,12 = 2,23 \text{ m.}$$

Für $x = 0,06$ m ist nach der Weißbach'schen Formel

$$h = \frac{70}{0,8 \cdot 33 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,06}} - 0,66 \cdot 0,06 = 2,30 \text{ m.}$$

Bremen, den 30. März 1899.

(gez.) **G. de Thierp,**
Bauinspector.



4. Juni 1955

- 9. Dez. 1957

1 3. Feb. 1958

10. Aug. 1958

2 7. März 1961

18. Mai 1961

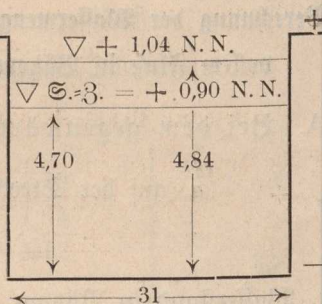
- 2. März 1963

15. Aug. 1963



$$F = 31 \cdot 4,84 = 150,0; \quad R = \frac{150}{31 + 2 \cdot 4,84} = 3,69$$

$$\alpha = 166,3; \beta = 3,157; \quad k = \frac{166,3}{1 + \frac{3,157}{\sqrt{3,69}}} = 62,9$$



$$v = 62,9 \sqrt{3,69 \cdot 0,000015} = 0,468 \text{ m}$$

$$Q = 150,0 \cdot 0,47 = 70,2 \text{ cbm.}$$

B. Auf der Strecke Schwaan-Bützow.

Bei einem Gefälle $J = 0,00002$, der Entfernung Schwaan-Bützow = 14,6 km (= 18,6—4,0) dem oben berechneten Wasserstand in Schwaan von + 1,18 N.N. ergibt sich der Wasserstand in Bützow zu $1,18 + 14,6 \cdot 0,02 = 1,47 \text{ N.N.}$

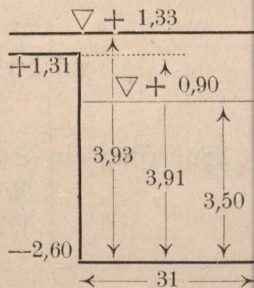
Der Wasserstand im mittleren Profil:

$$\frac{1,18 + 1,47}{2} = 1,33 \text{ N.N.}$$

$$F = 31 \cdot 3,93 = 121,8 \text{ qm}; \quad R = \frac{121,8}{31 + 2 \cdot 3,91} = 3,14$$

$$\alpha = 140,5; \beta = 2,512; \quad k = \frac{140,5}{1 + \frac{2,512}{\sqrt{3,14}}} = 58,1$$

$$v = 58,1 \sqrt{3,14 \cdot 0,00002} = 0,460 \text{ m}$$



$$Q = 121,8 \cdot 0,46 = 56,03 \text{ cbm.}$$

Bei der geringen Tiefe von nur 2 cm auf den Seiten findet eine so minimale Strömung dort statt, daß die über Flächen abfließende Wassermenge außer Betracht bleiben kann.